

CLASSIFICATION GEOCHIMIQUE DES ELEMENTS (SUITE)

Les différentes classifications géochimiques peuvent être résumées comme suit :

I. CLASSIFICATION BASEE SUR L'ABONDANCE DES ELEMENTS DANS LES MINERAUX ET ROCHES

- **ELEMENTS MAJEURS** : principaux éléments chimiques qui constituent les roches minérales. Ces éléments sont exprimés en oxydes. Il s'agit de : SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , FeO , MgO , MnO , CaO , Na_2O , K_2O et P_2O_5 . La teneur de ces oxydes dans les minéraux et roches est supérieure à 1 %.
- **ELEMENTS MINEURS** : éléments dont la teneur dans les roches est située entre 0,1 et 1%. Il s'agit principalement de TiO_2 , MnO , K_2O et P_2O_5 . Ces éléments peuvent être majeurs dans certains types de roches, et mineurs dans d'autres. Exemple : K_2O est majeur dans les granites et mineurs et même traces dans les basaltes.
- **ELEMENTS EN TRACES** : éléments dont la teneur est inférieure à 0,1 %. Ils sont exprimés en ppm (partie par million).

II. CLASSIFICATION DES ELEMENTS EN TRACES SELON LEUR POSITION DANS LE TABLEAU PERIODIQUE

Cette classification est importante. Cependant, les éléments présentant des similarités de caractéristiques chimiques, montrent des affinités géochimiques :

- **GAZ RARES** : Ne, Ar, Kr et Xe.
- **LANTHANIDES OU TERRES RARES (REE, RARE EARTH ELEMENTS)** : Les éléments de Numéro Atomique 57 à 71. [La, Ce, Pr, Nd, (Pm), Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu].
- **ELEMENTS DU GROUPE DU PLATINE (PGE)** : Ru, Rh, Pd, Os, Ir, et Pt (parfois Au).
- **LES METAUX DE TRANSITION** : de la première série, éléments 21 à 30 (du Sc au Zn).

III. CLASSIFICATION GEOCHIMIQUE DES ELEMENTS EN TRACES SELON LEUR COMPORTEMENT LORS DE LA FUSION PARTIELLE

Pendant la fusion partielle, certains éléments en traces ont tendance à se concentrer en phase liquide et d'autres en phase solide. Les éléments ayant une préférence pour la phase liquide lors de la fusion partielle sont dits : **ELEMENTS INCOMPATIBLES**. Ceux, ayant une tendance pour la phase solide sont dits : **ELEMENTS COMPATIBLES**.

Le degré d'incompatibilité d'un élément dans une phase minérale est exprimé par le **COEFFICIENT** de **PARTITION** ou de **PARTAGE MINERAL-LIQUIDE** K_d

$$K_d = \frac{C_s}{C_l}$$

C_s : concentration de l'élément dans la phase solide.

C_l : concentration de l'élément dans la phase liquide.

- Les éléments dont $K_d > 1$ sont **COMPATIBLES**.
Ils sont facilement incorporés dans le solide.
Exemple : le nickel est incorporé dans les minéraux ferro-magnésiens comme l'olivine.
On dit qu'il est compatible avec la structure de l'Olivine.
- Les éléments dont $K_d < 1$ sont **INCOMPATIBLES**.
- Les éléments dont $K_d \ll 1$ sont **FORTEMENT INCOMPATIBLES**. On dit qu'ils sont **HYGROMAGMAPHILES**. Ils ne sont pas acceptés dans la structure des cristaux (à cause de leurs tailles et charges). Ils se concentrent dans la phase liquide magmatique.

IV. CLASSIFICATION GEOCHIMIQUE DES ELEMENTS EN TRACES SELON LEUR CHARGE IONIQUE ET LEUR RAYON IONIQUE

Au cours des processus géochimiques, les éléments ayant un faible rayon ionique et une forte charge ont un comportement différent des éléments à fort rayon ionique et faible charge.

Les éléments à forte charge et à faible rayon ionique sont appelés : **HFSE (High Field Strength Elements)** : Ti, Hf, Nb et Zr. Ces éléments sont immobiles durant l'altération des roches. Ils sont incompatibles.

Les éléments à fort rayon ionique et à faible charge sont appelés : **LILE (Large Ion Lithophile Elements)**. Ces éléments sont très mobiles lors de l'altération des roches. Ils sont incompatibles (ils se concentrent préférentiellement dans le liquide lors de la fusion partielle).

V. CLASSIFICATION GEOCHIMIQUE BASEE SUR L'ELECTRONEGATIVITE DES ELEMENTS.

C'est la classification de Goldschmidt proprement dite. Elle est basée sur le partitionnement des éléments dans les météorites. On distingue :

- **LES ELEMENTS CHALCOPHILES** : qui ont une affinité avec le soufre.
Il s'agit de : As, Cu, Zn, Cd, Pb ...
- **LES ELEMENTS SIDEROPHILES** : qui ont une affinité avec le fer métallique.
Il s'agit de : Ni, Cr, Co, Pt.
- **LES ELEMENTS LITHOPHILES** : qui ont une affinité avec les silicates.
Il s'agit des éléments alcalins, alcalino-terreux (Na, K, Ca ...).
- **LES ELEMENTS ATMOPHILES** : Ce sont les éléments gazeux non combinés (H, N, Gaz rares, C).

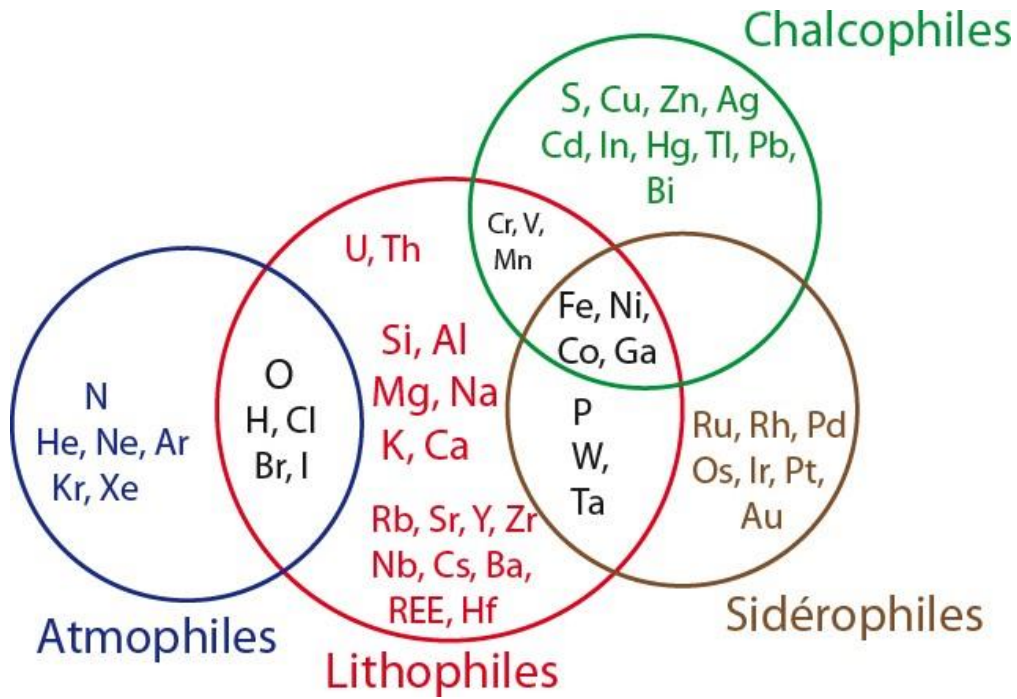
Les éléments SIDEROPHILES sont concentrés dans le noyau terrestre alors que les éléments ATMOPHILES se trouvent principalement dans l'atmosphère terrestre.

Certains éléments peuvent appartenir à deux ou trois classes, selon leur charge. Exemple : le Fer peut être Lithophile, Chalcophile et même Sidérophile.

VI. CLASSIFICATION GEOCHIMIQUE BASEE SUR LA TEMPERATURE DE CONDENSATION DES ELEMENTS.

Cette classification est basée sur la condensation des éléments lors de la formation du Système Solaire. Nous distinguons :

- **LES ELEMENTS REFRACTAIRES** : à température de condensation élevée (1850 – 1400 K). Il s'agit de Ca, Al, U, Th, les terres rares...
- **LES ELEMENTS VOLATILES** : à température de condensation inférieure à 640 K. Il s'agit des éléments alcalins. Les éléments Chalcophiles et Atmosphiles sont très volatiles.



Classification Géochimique des éléments selon Goldschmidt.

²⁶ Fe 2 3	Siderophile	¹⁴ Si 4	Lithophile
¹⁶ S -2 0 4 6	Chalcophile	⁷ N -3 0 3 5	Atmosphile
⁶¹ Pm 3	N'existe pas		

1																		18
¹ H 1	2												13	14	15	16	17	² He 0
³ Li 1	⁴ Be 2												⁵ B 6	⁶ C -4 -2 0	⁷ N -3 0 3 5	⁸ O -2 0	⁹ F -1	¹⁰ Ne 0
¹¹ Na 1	¹² Mg 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	¹³ Al 3	¹⁴ Si 4	¹⁵ P -3 5	¹⁶ S -2 0 4 6	¹⁷ Cl -1	¹⁸ Ar 0	
¹⁹ K 1	²⁰ Ca 2	²¹ Sc 3	²² Ti 4	²³ V 5	²⁴ Cr 3	²⁵ Mn 4 3 2	²⁶ Fe 2 3	²⁷ Co 2 3	²⁸ Ni 2	²⁹ Cu 1 2	³⁰ Zn 2	³¹ Ga 3	³² Ge 4	³³ As 3 5	³⁴ Se -2 0 4 6	³⁵ Br -1	³⁶ Kr 0	
³⁷ Rb 1	³⁸ Sr 2	³⁹ Y 3	⁴⁰ Zr 4	⁴¹ Nb 3 5	⁴² Mo 4 6	⁴³ Tc 7	⁴⁴ Ru 3 4	⁴⁵ Rh 2 3 4	⁴⁶ Pd 2 4	⁴⁷ Ag 1	⁴⁸ Cd 2	⁴⁹ In 3	⁵⁰ Sn 4 2	⁵¹ Sb 3 5	⁵² Te -2 0 4 6	⁵³ I -1	⁵⁴ Xe 0	
⁵⁵ Cs 1	⁵⁶ Ba 2	⁵⁷ La 3	⁷² Hf 4	⁷³ Ta 5	⁷⁴ W 4 6	⁷⁵ Re 7	⁷⁶ Os 3 4	⁷⁷ Ir 2 4 6	⁷⁸ Pt 2 4	⁷⁹ Au 1 3	⁸⁰ Hg 2	⁸¹ Tl 1 3	⁸² Pb 2	⁸³ Bi 3 5	⁸⁴ Po 2 4	⁸⁵ At -1	⁸⁶ Rn 0	
⁸⁷ Fr 1	⁸⁸ Ra 2	⁸⁹ Ac 3																
⁵⁸ Ce 3	⁵⁹ Pr 3	⁵⁹ Nd 3	⁶¹ Pm 3	⁶² Sm 3	⁶³ Eu 3	⁶⁴ Gd 3	⁶⁵ Tb 3	⁶⁶ Dy 3	⁶⁷ Ho 3	⁶⁸ Er 3	⁶⁹ Tm 3	⁷⁰ Yb 3	⁷¹ Lu 3					
⁹⁰ Th 4	⁹¹ Pa 5	⁹² U 4 6	⁹³ Np 4 5	⁹⁴ Pu 4	⁹⁵ Am 3	⁹⁶ Cm 3	⁹⁷ Bk 3	⁹⁸ Cf 3	⁹⁹ Es	¹⁰⁰ Fm	¹⁰¹ Md	¹⁰² No	¹⁰³ Lr					

Tableau périodique montrant la classification géochimique des éléments selon Goldschmidt.